

Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

5

Stand der Technik

10

15

20

25

30

35

Es wird von einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen ausgegangen, wie es dem Oberbegriff des Anspruchs 1 entspricht. Ein derartiges Kraftstoffeinspritzventil ist beispielsweise in der Offenlegungsschrift DE 100 31 265 A1 beschrieben und weist einen Ventilkörper auf, in dem eine Bohrung ausgebildet ist. Die Bohrung wird an ihrem brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz begrenzt, von dem wenigstens eine Einspritzöffnung abgeht, die in Einbaulage des Kraftstoffeinspritzventils in den Brennraum der Brennkraftmaschine mündet. In der Bohrung ist eine kolbenförmige Ventilnadel längsverschiebbar angeordnet, die an ihrem brennraumseitigen, also dem dem Ventilsitz zugewandten Ende, eine Ventildichtfläche aufweist mit der die Ventilnadel mit dem Ventilsitz zusammenwirkt. Hierbei wird in Schließstellung der Ventilnadel, das ist, wenn die Ventilnadel mit ihrer Ventildichtfläche auf dem Ventilsitz aufliegt, die Einspritzöffnungen verschlossen, während bei vom Ventilsitz abgehobener Ventilnadel Kraftstoff zwischen der Ventildichtfläche und dem Ventilsitz hindurch den Einspritzöffnungen zufließt und von dort in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

Die Längsbewegung der Ventilnadel in der Bohrung erfolgt durch das Verhältnis zweier Kräfte: Zum einen eine hydraulische Kraft, die durch den Druck im Druckraum, der zwischen der Wand der Bohrung und der Ventilnadel ausgebildet und mit Kraftstoff befüllt ist, so dass eine hydraulische Kraft auf die Ventilnadel ausgeübt wird. Zum anderen wirkt eine Schließkraft auf die Ventilnadel, die auf das brennraumabge-

wandte Ende der Ventilnadel mittels einer geeigneten Vorrichtung ausgeübt wird. Die hydraulische Kraft auf die Ventilnadel hängt von der effektiven, vom Kraftstoff beaufschlagten Fläche ab, bei der sich eine Kraftkomponente in Längsrichtung ergibt. Der Öffnungsdruck des Kraftstoffeinspritzventils, also der Kraftstoffdruck im Druckraum, bei dem die hydraulische Kraft auf die Ventilnadel gerade ausreicht, diese entgegen einer gegebenen Schließkraft in Längsrichtung vom Ventilsitz wegzubewegen, hängt also unter anderem von der Auflagelinie der Ventilnadel auf dem Ventilsitz ab, dem sogenannten hydraulisch wirksamen Sitzdurchmesser, weil davon die vom Kraftstoffdruck beaufschlagte Teilfläche der Ventildichtfläche abhängt. Durch Verschleiß zwischen Ventildichtfläche und Ventilsitz kommt es im Verlauf der Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils zu einer Änderung dieser Fläche und damit zu einer Änderung des hydraulisch wirksamen Sitzdurchmessers. Dadurch ändert sich auch der Öffnungsdruck, was sich in einer geänderten Öffnungsdynamik der Ventilnadel niederschlägt. Dadurch ändern sich auch der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge des Kraftstoffs, was bei modernen, schnelllaufenden Brennkraftmaschinen zu Problemen führen kann, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass bei unveränderter Geometrie der Ventilnadel ein konstanter Öffnungsdruck über die gesamte Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils aufrecht erhalten werden kann. Hierzu weist der Ventilsitz zwei konische Teilflächen auf, von denen die zweite konische Teilfläche stromabwärts der ersten konischen Teilfläche angeordnet ist. Die zweite konische Teilfläche ist gegenüber der ersten konischen Teilfläche erhaben, so dass die Ventilnadel in

Schließstellung an der zweiten konischen Teilfläche zur Anlage kommt, und die Kante am Übergang der ersten konischen Teilfläche zur zweiten konischen Teilfläche den hydraulisch wirksamen Sitzdurchmesser definiert.

5

Durch die Unteransprüche sind vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes der Erfindung möglich.

10

In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung weist die zweite konische Teilfläche denselben Öffnungswinkel auf wie die erste konische Teilfläche. Dadurch lassen sich beide konischen Teilflächen mit demselben Werkzeug herstellen, was bei der Herstellung eine Neujustage des Fräs- oder Schleifwerkzeugs erspart.

15

20

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die zweite konische Teilfläche gegenüber der ersten konischen Teilfläche vorzugsweise um 2 µm bis 20 µm erhaben. Durch eine solche Abstufung ist die Konstanz des Öffnungsdrucks gegeben, ohne dass sich die Stabilitätsverhältnisse im Ventilkörper im Bereich des Ventilsitzes ändern.

25

30

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist am Ventilsitz stromabwärts der zweiten konischen Teilfläche eine dritte konische Teilfläche ausgebildet, die gegenüber der zweiten konischen Teilfläche zurückgesetzt ist. Dadurch wird die Ventilsitzfläche, auf der die Ventilnadel aufsitzen kann, auch stromabwärts durch einen Absatz begrenzt. So ergeben sich genau definierte hydraulische Verhältnisse an der Berührungsfläche von Ventilnadel und Ventilsitz.

35

Besonders vorteilhaft sind die erfindungsgemäßen Ausgestaltungen des Ventilsitzes, wenn die Ventilnadel eine Dichtkante aufweist, die zwischen zwei Konusdichtflächen ausgebildet ist und die in Schließstellung der Ventilnadel an der zweiten konischen Teilfläche anliegt. Dies gewährleistet die

Konstanz des Öffnungsdrucks auch über sehr lange Betriebszeiträume.

Zeichnung

5

In der Zeichnung sind verschiedene Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Es zeigt

10

- Figur 1 Ein Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt,
Figur 2 Eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts von Figur 1 im Bereich des Ventilsitzes,
Figur 3 Eine Vergrößerung des mit III bezeichneten Ausschnitts von Figur 2 und
Figur 4 zeigt den gleichen Ausschnitt wie Figur 2, wobei hier das Kraftstoffeinspritzventil im Bereich des Ventilsitzes als sogenannte Sacklochdüse ausgebildet ist.

15

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

20

25

30

35

In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt dargestellt. In einem Ventilkörper 1 ist eine Bohrung 3 ausgebildet, in der eine kolbenförmige Ventilnadel 5 längsverschiebbar angeordnet ist. Die Ventilnadel 5 wird hierbei mit einem brennraumabgewandten Führungsabschnitt 15 in einem Führungsabschnitt 23 der Bohrung 3 dichtend geführt. Ausgehend vom Führungsabschnitt 15 verjüngt sich die Ventilnadel 5 dem Brennraum zu unter Bildung einer Druckschulter 13 und geht an ihrem brennraumseitigen Ende in eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche 7 über. Zwischen der Ventilnadel 5 und der Wand der Bohrung 3 ist ein Druckraum 19 ausgebildet, der auf Höhe der Druckschulter 13 radial erweitert ist. In diese radiale Erweiterung des Druckraums 19 mündet eine im Ventilkörper 1 verlaufende Zulaufbohrung 25, über die der Druckraum 19 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllbar ist. Die Bohrung 3 wird an ihrem

brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz 9 begrenzt, von dem wenigstens eine Einspritzöffnung 11 abgeht, die in Einbaulage des Kraftstoffeinspritzventils in einer Brennkraftmaschine in deren Brennraum mündet.

5

10

15

20

In Figur 2 ist eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts von Figur 1 dargestellt. Die Ventildichtfläche 7 der Ventilnadel 5 unterteilt sich in eine erste Konusdichtfläche 107 und eine zweite Konusdichtfläche 207, an deren Übergang durch unterschiedliche Öffnungswinkel der beiden Konusdichtflächen 107, 207 eine Dichtkante 17 ausgebildet ist. Der Ventilsitz 9 ist im wesentlichen konisch ausgebildet und umfasst drei konische Teilflächen, wobei die erste konische Teilfläche 109 an die zweite konische Teilfläche 209 und diese wiederum an die dritte konische Teilfläche 309 grenzt. Die zweite konische Teilfläche 209 ist gegenüber der ersten konischen Teilfläche 109 erhaben und bezüglich der Ventilnadel 5 so positioniert, dass in Schließstellung der Ventilnadel 5, wenn diese an Ventilsitz 9 anliegt, die Dichtkante 17 an der zweiten konischen Teilfläche 209 zur Anlage kommt.

25

30

35

Figur 3 zeigt eine Vergrößerung des mit III bezeichnetem Ausschnitts von Figur 2, stellt also den entscheidenden Teil des Ventilsitzes 9 nochmals vergrößert dar. Zwischen der ersten konischen Teilfläche 109 und der zweiten konischen Teilfläche 209 ist ein erster Ringabsatz 21 ausgebildet, der den hydraulisch wirksamen Sitzdurchmesser begrenzt. Dieser spielt für das Öffnungsverhalten des Kraftstoffeinspritzventils eine entscheidende Rolle: Die Längsbewegung der Ventilnadel 5 in der Bohrung 3 wird durch das Verhältnis zweier Kräfte bestimmt: Zum einen einer Schließkraft, die auf das brennraumabgewandte Ende der Ventilnadel mittels einer, in der Zeichnung nicht dargestellten, geeigneten Vorrichtung ausgeübt wird. Zum anderen wirkt auf die Ventilnadel 5 eine hydraulischen Öffnungskraft, die der Schließkraft entgegen gerichtet ist und die durch den Kraftstoffdruck im Druckraum

19 auf die Ventilnadel 5 ausgeübt wird. Die Flächen der Ventilnadel 5, bei deren Druckbeaufschlagung sich eine in Längsrichtung wirkende resultierende Kraftkomponente ergibt, sind vor allem die Druckschulter 13 und Teile der Ventildichtfläche 7. Ist die Schließkraft konstant, so ist hierdurch der Öffnungsdruck gegeben, also der Kraftstoffdruck im Kraftraum 19, bei dem die Ventilnadel 5 ihre Öffnungshubbewegung beginnt.

Bei ideal steifen Verhältnissen, also wenn sich weder die Ventilnadel 5 noch der Ventilsitz 9 verformt, würde die Dichtkante 17 der Ventilnadel 5 den hydraulisch wirksamen Sitzdurchmesser definieren. Die gesamte Fläche der Ventildichtfläche 7, die stromaufwärts der Dichtkante 17 liegt, in diesem Ausführungsbeispiel also die erste Konusdichtfläche 107, würde vom Kraftstoffdruck beaufschlagt, so dass dadurch der hydraulische Öffnungsdruck festgelegt wäre. Durch das Einhämmern der Ventilnadel 5 in den Ventilsitz 9 kommt es mit der Zeit jedoch zu einer flächenhaften Berührung zwischen der Ventildichtfläche 7 und dem Ventilsitz 9, so dass sich auch der hydraulisch wirksame Sitzdurchmesser ändert, und zwar in der Weise, dass die druckbeaufschlagte Fläche kleiner wird, wodurch der Öffnungsdruck steigt. Durch die Ausbildung der erhabenen zweiten konischen Teilfläche 209 am Ventilsitz 9 kann dieser hydraulische Sitzdurchmesser jedoch nur bis zum ersten Ringabsatz 21 ansteigen, so dass auch bei längerem Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils der Öffnungsdruck unverändert bleibt. Durch den zwischen der zweiten konischen Teilfläche 209 und der dritten konischen Teilfläche 309 ausgebildeten zweiten Ringabsatz 22 wird die Fläche, auf der die Ventilnadel 5 aufliegt, den Einspritzöffnungen zu begrenzt, so dass genau definierte hydraulische Verhältnissen am Ventilsitz herrschen. Eventuell auftretende adhäsive Kräfte zwischen Ventilnadel und Ventilsitz bleiben so konstant.

Figur 4 zeigt denselben Ausschnitt wie Figur 2 eines anderen Kraftstoffeinspritzventils, das eine etwas veränderte Sitzgeometrie aufweist. Wie schon beim Ausführungsbeispiel, das in Figur 2 und in Figur 3 dargestellt ist, ist die dritte konische Teilfläche 309 gegenüber der zweiten konischen Teilfläche 209 zurückgesetzt, so dass ein zweiter Ringabsatz 22 gebildet wird. Die dritte konische Teilfläche 309 geht in ein Sackloch 30 über, von dem die Einspritzöffnungen 11 abgehen. Die Ventalnadel 5 weist eine etwas veränderte Ventildichtfläche 7 auf, an der zwar weiterhin eine erste Konusdichtfläche 107 und eine zweite Konusdichtfläche 207 ausgebildet sind, jedoch ist zwischen diesen beiden Konusdichtflächen 107, 207 eine Ringnut 27 ausgebildet. Am Übergang zwischen der Ringnut 27 und der ersten Konusdichtfläche 107 ist die Dichtkante 17 ausgebildet, die in Schließstellung der Ventalnadel 5 an der zweiten konischen Teilfläche 209 zur Anlage kommt. Durch die zurückgesetzte dritte Teilkonusfläche 309 erreicht man zwei Dinge: zum einen eine geometrische Begrenzung der effektiven Sitzfläche auf die zweite konische Teilfläche 209, was die hydraulischen Verhältnisse im Spalt zwischen dem Ventilsitz 9 und der Ventildichtfläche 7, insbesondere ganz zu Beginn der Öffnungshubbewegung, genau definiert und damit berechenbar macht. Zum anderen ergibt sich durch die zurückgesetzte dritte konischen Teilfläche 309 eine Verringerung der Drosselwirkung für den in das Sackloch 30 einströmenden Kraftstoff, der andernfalls am Übergang der dritten konischen Teilfläche 309 zum Sackloch 30 stark abgedrosselt würde, was einen verringerten Einspritzdruck an den Einspritzöffnungen 11 bewirken würde.

Die Höhe d des Ringabsatzes 21, wie er in Figur 3 dargestellt ist, beträgt vorzugsweise $2\text{ }\mu\text{m}$ bis $20\text{ }\mu\text{m}$, was sicherstellt, dass einerseits der hydraulisch wirksame Sitzdurchmesser genau bestimmt ist und andererseits die Stabilitätsverhältnisse im Bereich des Ventilsitzes 9 des Ventilkörpers 1 unverändert bleiben. Die Breite a der zweiten konischen

Teilfläche, wie sie in Figur 2 dargestellt ist, beträgt vorzugsweise 0,2 mm bis 0,5 mm.

Bei der Gestaltung der Öffnungswinkel der konischen Teilflächen 109, 209, 309 des Ventilsitzes 9 ergeben sich größere Freiheiten. Es kann zum einen vorgesehen sein, dass sämtliche konischen Teilflächen 109, 209, 309 einen identischen Öffnungswinkel aufweisen. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass jeweils leicht unterschiedliche Öffnungswinkel vorliegen, um die Einstromverhältnisse des Kraftstoffs im Spalt zwischen dem Ventilsitz 9 und der Ventildichtfläche 7 zu optimieren, insbesondere, um die Einlaufbedingungen des Kraftstoffs in das Sackloch 30, wie es bei einem Kraftstoffeinspritzventil nach der in Figur 4 gezeigten Art der Fall ist, optimal zu gestalten.

Ansprüche

5

10

15

20

25

30

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (3) ausgebildet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz (9) begrenzt wird und an deren brennraumseitigen Endbereich wenigstens eine Einspritzöffnung (11) ausgebildet ist, und mit einer kolbenförmigen Ventilnadel (5), die in der Bohrung (3) längsverschiebbar angeordnet ist und die an ihrem brennraumseitigen Ende eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche (7) aufweist, mit welcher die Ventilnadel (5) mit dem Ventilsitz (9) zusammenwirkt, so dass die wenigstens eine Einspritzöffnung (11) bei Anlage der Ventilnadel (5) auf dem Ventilsitz (9) verschlossen wird und bei vom Ventilsitz (9) abgehobener Ventilnadel (5) Kraftstoff zwischen dem Ventilsitz (9) und der Ventildichtfläche (7) hindurch den Einspritzöffnungen (11) zuströmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ventilsitz (9) eine erste konische Teilfläche (109) und eine zweite konische Teilfläche (209) umfasst, wobei die zweite konische Teilfläche (209) stromabwärts der ersten konischen Teilfläche (109) angeordnet und gegenüber dieser erhaben ausgebildet ist.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilnadel (5) in ihrer Schließstellung an der zweiten konischen Teilfläche (209) zur Anlage kommt.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite konische Teilfläche (209) denselben Öffnungswinkel aufweist wie die erste konische Teilfläche (109).

4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite konische Teilfläche (209) 2 µm bis 20 µm gegenüber der ersten konischen Teilfläche (109) erhaben ist.

5 5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Ventilsitz (9) stromabwärts der zweiten konischen Teilfläche (209) eine dritte konische Teilfläche (309) ausgebildet ist, die gegenüber der zweiten konischen Teilfläche (209) zurückgesetzt ist.

10 6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der Ventildichtfläche (7) eine Dichtkante (17) ausgebildet ist, die in Schließstellung der Ventilnadel (5) an der zweiten konischen Teilfläche (209) anliegt.

Zusammenfassung

5

10

15

Kraftstoffeinspritzventil mit einem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (3) ausgebildet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz (9) begrenzt wird und an deren brennraumseitigen Endbereich wenigstens eine Einspritzöffnung (11) ausgebildet ist. Eine kolbenförmige Ventilnadel (5) ist in der Bohrung (3) längsverschiebbar angeordnet und weist eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche (7) auf, mit welcher die Ventilnadel (5) mit dem Ventilsitz (9) zur Steuerung der wenigstens einen Einspritzöffnung zusammenwirkt. Der Ventilsitz (9) umfasst eine erste konische Teilfläche (109) und eine zweite konische Teilfläche (209), wobei die zweite konische Teilfläche (209) stromabwärts der ersten konischen Teilfläche (109) angeordnet und gegenüber dieser erhaben ausgebildet ist (Figur 2).

20

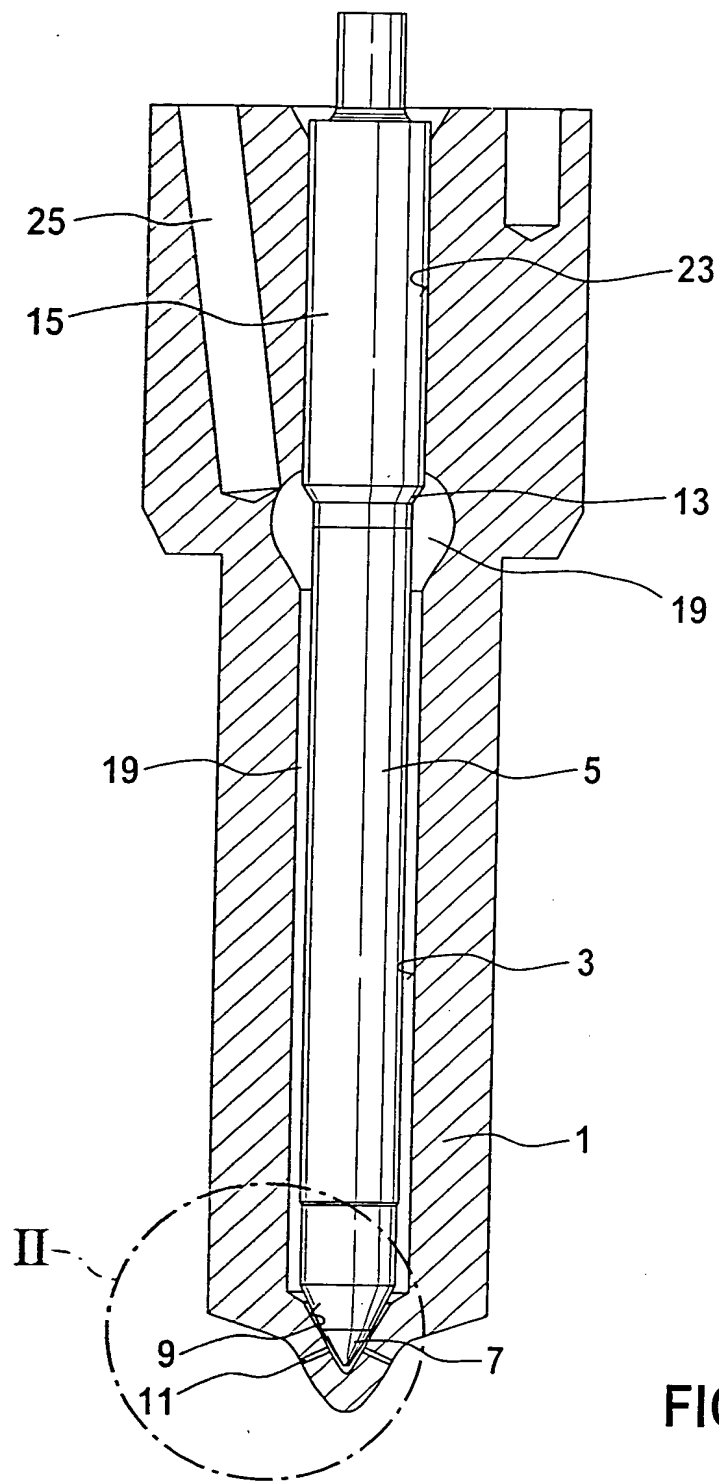


FIG. 1

